



Evaluación de Nivel Tecnológico de un Software de Gestión de Residencias Profesionales, Basado en el Modelo de Madurez KTH

Moreno-Núñez, E.¹; Rodríguez-Lozano, K. V.¹ ✉, Flores-Luévanos, M. G.¹;

Datos de Adscripción:

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Av. Tecnológico No. 1555 sur. C.P. 35150. Periférico Gómez-Lerdo Km. 14.5. Cd. Lerdo, Dgo. México.

✉ karla.rl@lerdo.tecnm.mx

Resumen - Este artículo tiene como propósito describir el proceso de evaluación de innovación tecnológica y de preparación para el mercado, realizado a un sistema web para la gestión del proceso de residencias profesionales, desarrollado para el campus Lerdo del Tecnológico Nacional de México. La evaluación realizada se basa en las clasificaciones de niveles de madurez tecnológica propuestas por el grupo de innovación del Real Instituto de Tecnología de Suecia KTH Innovation, que promueve la estandarización y las métricas en el desarrollo de la innovación. Para este trabajo se utilizó el KTH Innovation Readiness Level™ como marco de evaluación en las dimensiones clave de la innovación tecnológica, a partir de un conjunto de enfoques clave en seis niveles de madurez: del cliente (CRL), tecnológica (TRL), del negocio (BRL), de propiedad intelectual (IPRL), del equipo (TMRL) y para el financiamiento (FRL). El resultado es una evaluación objetiva del estado actual de la madurez del sistema en cada una de esas áreas y un valioso conjunto de directrices para progresar en las dimensiones de la innovación tecnológica. Se presenta el procedimiento para la evaluación, los puntajes obtenidos en cada una de las clasificaciones, entre ellas: TRL la mayor con nivel 6; FRL y BRL en nivel 2 y la hoja de ruta con acciones clave orientadoras para el progreso de la innovación, que va desde el desarrollo de la idea inicial hasta su introducción al mercado.

Palabras Clave – Innovación, Métricas, Modelo KTH, Nivel de Madurez, Tecnología

Abstract - The purpose of this article is to describe the process of technological innovation and market readiness evaluation, carried out for a web system for the management of the process of professional residencies, developed for the Lerdo campus of the Tecnológico Nacional de México. The assessment is based on the classifications of technological maturity levels proposed by the innovation group of the Royal Swedish Institute of Technology KTH Innovation, which promotes standardization and metrics in the development of innovation. For this work, the KTH Innovation Readiness Level™ was used as an evaluation framework for the key dimensions of technological innovation, based on a set of key approaches at the six levels of maturity: customer (CRL), technological (TRL), business (BRL), intellectual property (IPRL), team (TMRL) and financing (FRL). The result is an objective assessment of the current state of system maturity in each of these areas and a valuable set of guidelines for progress in the dimensions of technological innovation. The procedure for the evaluation, the scores

obtained in each of the classifications, including: TRL the highest at level 6; FRL and BRL at levels 2, and the roadmap with key guiding actions for the progress of innovation, which goes from the development of the initial idea to its introduction to the market are presented in this document.

Keywords - Innovation, Metrics, KTH Model, Maturity Level, Technology

I. INTRODUCCIÓN

El Sistema Web para la Gestión del Proceso de Residencia (SIGEPRORE) es un software institucional desarrollado con la metodología SCRUM, para apoyar a todos los involucrados en el proceso de residencia profesional del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo (ITSL). Este sistema web contiene todas las políticas operativas de la residencia profesional y del sistema de gestión de la calidad del ITSL (Rodríguez, Moreno, Arzola y Flores, 2021).

Desde su lanzamiento en 2020, SIGEPRORE ha transformado positivamente la dinámica laboral de los participantes en el proceso, marcando una diferencia notable durante la crisis de COVID-19. Este éxito ha motivado la propuesta de un proyecto emprendedor que busca expandir el alcance del sistema a otros campus del TecNM, implementando el modelo de software como servicio.

Se formuló un proyecto de emprendimiento científico-tecnológico con el modelo *Push-Pull*, con el propósito de definir un conjunto de acciones y procesos para la implementación del emprendimiento, evaluar la viabilidad comercial del producto de software y de la estrategia de comercialización. (Rodríguez, Arzola, Moreno y Flores, 2022).

En la preparación para lograr la comercialización del software, se aplica la evaluación a innovaciones tecnológicas y de preparación para el mercado KTH Innovation Readiness Level™, propuesto por el grupo de innovación del Real Instituto de Tecnología de Suecia KTH Innovation.

El Nivel de Preparación para la Innovación de KTH™ (KTH Innovation Readiness Level™) es un marco completo (método, herramienta visual y biblioteca de recursos) que guía el desarrollo de ideas innovadoras, desde su concepción hasta su introducción como un producto o servicio innovador en el mercado. (KTH Innovation, 2024).

Proporciona directrices de evaluación en seis dimensiones clave para el desarrollo exitoso de la innovación, a partir de un conjunto de enfoques clave en seis niveles de madurez: del cliente (CRL), tecnológica (TRL), del negocio (BRL), de propiedad intelectual (IPRL), del equipo (TMRL) y para el financiamiento (FRL).

Cada dimensión ofrece una escala de medición de nueve niveles, presentada en forma de termómetro, que permite mapear el estado de madurez de la idea. El marco de evaluación de KTH



proporciona recursos visuales y definiciones en aspectos cruciales, que clarifican a los interesados en el proceso innovador – dueños de las ideas, gerentes de negocio, asociados, asesores, entre otros- las acciones y criterios a seguir, como una “hoja de ruta” y los hitos a alcanzar para escalar al siguiente nivel.

Cabe mencionar que este marco de preparación para la Innovación de KTH™ se basa en el Nivel de Preparación Tecnológica de la NASA (Modesto, 2022) pero a diferencia de éste, KTH™ agrega otras áreas adicionales importantes de preparación para el proceso innovador: el cliente, el negocio, la protección intelectual, el equipo de desarrollo y el financiamiento. Además, el modelo es genérico y aplicable a variados conceptos de negocio, independientemente del área tecnológica. (KTH Innovation, 2024).

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

2.1 Marco de Evaluación

Para este trabajo se utilizó el KTH Innovation Readiness Level™ como marco de evaluación en las dimensiones clave de la innovación tecnológica, a partir de un conjunto de enfoques clave en seis niveles de madurez: del cliente (CRL), tecnológica (TRL), del negocio (BRL), de propiedad intelectual (IPRL), del equipo (TMRL) y para el financiamiento (FRL).

TRL. El nivel de preparación tecnológica (Technology Readiness Level o TRL, por sus siglas en inglés) se emplea para evaluar el grado de madurez de una tecnología específica. Cada proyecto tecnológico se examina en función de criterios específicos del nivel tecnológico y se le asigna una calificación TRL basada en su avance (Nolte, 2008). Existen nueve niveles de preparación tecnológica, donde TRL 1 representa el nivel más bajo y TRL 9 el más alto (Manning, 2023). En el TRL 1, la investigación científica inicia y los resultados se utilizan para futuras investigaciones y desarrollos. Una tecnología alcanza el TRL 9 cuando ha sido implementada con éxito en un sistema tecnológico existente (Bedoya y Gómez, 2021).

Tabla 1
Niveles TRL (Adaptado de kthinnovation readiness level)

Nivel de madurez	Descripción
TRL 9	La tecnología integral ha sido escalable y su eficacia se ha comprobado en operaciones prácticas con múltiples usuarios durante un periodo extendido.
TRL 8	En este nivel el producto está completo, evaluado, probado y validada para ambiente real. Aquí también el producto o servicio es comercializable.
TRL 7	Se ha demostrado un prototipo a nivel de sistema en un entorno operativo real, logrando una producción a pequeña escala.
TRL 6	La tecnología se demuestra en un entorno que cumple con todos los requisitos y especificaciones operativas donde la tecnología será utilizada por los usuarios finales.
TRL 5	La tecnología se valida en un laboratorio, pero bajo condiciones que imitan las del entorno real.
TRL 4	Se lleva a cabo una validación tecnológica de un prototipo inicial con componentes integrados en el

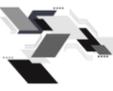
	laboratorio, aunque con baja confiabilidad en su desempeño
TRL 3	Se lleva a cabo una investigación de laboratorio mediante una prueba experimental de concepto, siendo esta la primera evaluación de la viabilidad de un concepto y su tecnología.
TRL 2	Las aplicaciones prácticas pueden definirse o investigarse, pero son especulativas y no hay pruebas o análisis detallados de que la tecnología funcionará.
TRL 1	Existe una idea vaga de una tecnología por desarrollar con beneficios potenciales o aplicaciones útiles identificadas.

IPRL. La propiedad intelectual es el conjunto de los derechos legales que protegen las invenciones de los seres humanos; se conforman de patentes, derechos de autoría, registros de propiedad, entre otros. La propiedad intelectual otorga a los propietarios o creadores el derecho exclusivo de utilizar, reproducir o distribuir sus creaciones durante un lapso específico. Intellectual Property Readiness Level (IPRL) o nivel de preparación de la propiedad intelectual define la dinámica de la transición entre los niveles de madurez de la propiedad intelectual, mediante conjuntos de listas de cotejo y de acciones orientadoras.

El marco de evaluación IPRL se compone de nueve niveles, en el nivel 1 –el mínimo- se elaboran suposiciones de las posibles reglas de propiedad intelectual aplicables a la invención: patentes, software, derechos de autor, diseños, secretos comerciales. En el máximo nivel 9, se tiene un fuerte apoyo y protección de diversas reglas de propiedad para el negocio y/o se cuenta con la concesión de patentes internacionales vigentes.

Tabla 2
Niveles IPRL (Adaptado de kthinnovation readiness level)

Nivel de madurez	Descripción
IPRL 9	Se tiene una protección de la propiedad intelectual, la cual, está concedida y mantenida en varios países relevantes para el negocio. La empresa se enfoca en la ejecución con el crecimiento de las ventas.
IPRL 8	La estrategia de propiedad intelectual está completamente implementada y concedida en el primer país/región con un alcance relevante para el negocio.
IPRL 7	Se puede registrar la propiedad intelectual (IPR) para la entrada en la fase nacional.
IPRL 6	Estrategia completa para el registro de propiedad intelectual validada por un profesional.
IPRL 5	Análisis de las diferentes formas de registro de propiedad intelectual generando la primera solicitud de patente completa.
IPRL 4	Posibilidades confirmadas para la protección de la propiedad intelectual mediante el análisis de un profesional.
IPRL 3	Se considera las formas de propiedad intelectual que son clave y que podrían ser protegidas.
IPRL 2	Se han mapeado diferentes formas de propiedad intelectual.
IPRL 1	Se confirma la posibilidad de tener propiedad intelectual.



CRL. (Commercial Readiness Level) Nivel de preparación comercial, es una medida que evalúa la madurez comercial de una tecnología en una escala de 1 a 9 (Scimita Ventures, 2024) Comienza en CRL 1 cuando surge por primera vez el potencial comercial y finaliza en CRL 9 cuando se generan ingresos a partir del producto tecnológico. El CRL es crucial para determinar si un nuevo producto está listo para ser aceptado en el mercado.

En un mercado global en constante desarrollo y con una creciente competencia, se volvió crucial cerrar la brecha entre los desarrolladores de tecnología y los estrategas comerciales. La CRL se desarrolló como un enfoque sistemático para ayudar a las empresas a navegar por el complejo mundo de la innovación y la dinámica del mercado, evaluando si un nuevo producto está listo para ser ampliamente aceptado (Ávila y Ramírez, 2021).

Tabla 3
Niveles CRL (Adaptado de kthinnovation readiness level)

Nivel de madurez	Descripción
CRL 9	El nivel más alto de CRL implica el lanzamiento oficial al mercado, donde los clientes generan ingresos a medida que compran el producto. Significa que se ha logrado una transición exitosa entre el desarrollo y la comercialización.
CRL 8	Los clientes se comprometen a utilizar la tecnología, marcando la transición de los pedidos condicionales a los reales. Este nivel a menudo significa los primeros ingresos reales y se valida el camino para aumentar la producción.
CRL 7	El modelo financiero, que incluye estructuras de costos, estrategias de precios y proyecciones de ingresos, Los ensayos evalúan el desempeño en la vida real.
CRL 6	Este nivel fomenta el cumplimiento de los requisitos del reglamento y establece vínculos con organizaciones que ayudan a aprobar el reglamento.
CRL 5	En esta fase crucial, se verifica la conformidad con los principales participantes del mercado. Se establecen relaciones y colaboraciones, se pueden garantizar pedidos condicionales y se comprenden completamente los requisitos y precios del reglamento.
CRL 4	Las propuestas de valor técnico y comercial de CRL 4 se validan a través de la investigación de mercado y la retroalimentación. Los conocimientos permiten mejorar las estrategias.
CRL 3	Se analizan las necesidades de los clientes, los competidores y el posicionamiento de la tecnología para ampliar la comprensión de los mercados potenciales. Es un paso crucial para determinar la competitividad y prepararse para el compromiso con los inversores y las partes interesadas
CRL 2	implica medir los factores fundamentales del mercado, como las tendencias, los segmentos de clientes y el tamaño del mercado. Para evaluar la viabilidad y el retorno de la inversión de una oportunidad comercial, incluye el desarrollo, la prueba y la cuantificación de hipótesis de modelos de negocio.
CRL 1	Reconocemos la posibilidad de una oportunidad comercial, sin embargo, esta es solo una primera observación sin un análisis o validación. No hemos completado nuestras estrategias ni hemos comprendido el comportamiento de los clientes y la competencia.

BRL. (Business Readiness Level) Nivel de Preparación Empresarial (BRL) es una escala que mide la capacidad de un producto, servicio o solución para salir al mercado siendo útil. Los

niveles de preparación tecnológica (TRL) evalúan la madurez tecnológica desde la concepción hasta la comercialización, mientras que el BRL se enfoca en la preparación empresarial.

Tabla 4
Niveles BRL (Adaptado de kthinnovation readiness level)

Nivel de Madurez	Descripción
BRL9	El modelo de negocios es sólido y está creciendo con los ingresos constantes, lo que lo convierte en una empresa rentable y sostenible.
BRL8	Las métricas y las ventas demuestran que el modelo de negocio sigue siendo viable y puede crecer.
BRL7	El ajuste del producto y la disposición de pago del cliente se muestran.
BRL6	El ajuste del producto y la disposición de pago del cliente se muestran.
BRL5	La versión inicial del modelo de ingresos, que incluye hipótesis de precios.
BLR4	Primera proyección para demostrar el potencial del mercado y la viabilidad económica.
BRL3	Borrador de modelo de canvas de negocios.
BRL2	Primer concepto de negocio potencial.
BRL1	Imaginar una idea de negocio potencial.

TMRL. Team Readiness Level. Se refiere al nivel de preparación del equipo de trabajo involucrado en el desarrollo del proyecto. En el TMRL 9, el equipo es interdisciplinario, de alto desempeño, con una sólida cultura de trabajo con estructura organizacional, roles y procesos definidos, y los miembros del equipo están en un proceso de mejora continua de sus habilidades profesionales y están motivados para alcanzar sus objetivos, alineados a la estrategia del negocio. El propósito del equipo es apoyar el proceso de innovación y de introducción del producto al mercado (KTH Innovation, 2024).

Tabla 5
Niveles TMRL (Adaptado de kthinnovation readiness level)

Nivel de madurez	Descripción
TMRL 9	El equipo y organización es de alto rendimiento con una buena estructura desempeñándose de forma eficiente.
TMRL 8	La dirección y CEO están establecidos teniendo un plan activado de reclutamiento para formar un equipo a largo plazo.
TMRL 7	El equipo está completamente establecido y desarrollado de manera proactiva y se tiene un plan actualizado para construir el equipo necesario a largo plazo
TMRL 6	Se cuenta con un equipo complementario, diverso y comprometido.
TMRL 5	Se tiene un equipo fundador con las competencias necesarias y está de acuerdo en los roles y metas.
TMRL 4	Existe una persona comprometida a llevar adelante el proyecto generando un plan de reclutamiento.
TMRL 3	Uno o varios individuos cuentan con algunas competencias.
TMRL 2	Visión de la idea sobre las competencias necesarias del equipo de trabajo.
TMRL 1	Poca comprensión de la necesidad de un equipo.



FRL es una medida que evalúa la preparación de una idea o tecnología para recibir inversión y asegurar financiamiento se centra en la viabilidad comercial y la posibilidad de atraer inversión. El FRL se utiliza para evaluar la viabilidad de un producto o servicio antes de su comercialización. Es especialmente relevante en proyectos de innovación tecnológica, donde se busca superar el “Valle de la Muerte” (una etapa de vacío entre la investigación y el lanzamiento al mercado) (Scimita Ventures, 2024).

Tabla 6
Niveles FRL (Adaptado de kthinnovation readiness level)

Nivel de Madurez	Descripción
FRL9	Obtención de inversión. Se consideran continuamente las necesidades y opciones de inversión adicionales.
FRL8	Existe un orden corporativo y una estructura que permite la inversión. Conversaciones sobre hojas de términos con inversores interesados.
FRL7	El equipo presenta un sólido caso de inversión que incluye el estado actual y los planes. Las discusiones con posibles inversores están en curso en torno a una oferta.
FRL6	Se ha mejorado la presentación para inversores, incluyendo aspectos comerciales y financieros. Se ha decidido buscar inversores privados y se han establecido contactos iniciales.
FRL5	Se ha probado una presentación orientada al inversor y el material de apoyo. Se ha solicitado y asegurado financiamiento adicional más grande.
FRL4	Se tiene una buena presentación breve del negocio y un plan con diferentes opciones de financiamiento a lo largo del tiempo.
FRL3	Se ha descrito bien el concepto de negocio y se ha establecido un plan de verificación inicial. Se ha asegurado un primer financiamiento suave pequeño.
FRL2	Se ha proporcionado una descripción del concepto de negocio (por ejemplo, NABC). Se han definido las necesidades de financiamiento y las opciones para hitos iniciales.
FRL1	Idea de negocio inicial con descripción vaga. No hay una visión clara de las necesidades y opciones de financiamiento.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Evaluación en la escala CRL.

A inicios de 2020 se terminó la primera versión del SIGEPRORE que, debido a la naturaleza ágil de su desarrollo, se basó en las necesidades expresadas por los usuarios potenciales del sistema: los jefes de división, cuya función principal es coordinar las tareas académicas de cada carrera profesional que oferta el ITSL; el director académico, los asesores de residencia, tanto internos como externos y los estudiantes de último semestre, quienes realizan su residencia profesional en alguna empresa. Se mantuvo un canal de comunicación abierto entre el líder del proyecto, el equipo de desarrollo y los potenciales usuarios del software mediante reuniones periódicas semanales. (Rodríguez, Moreno, Arzola y Flores, 2021). Una vez que el sistema se puso en producción y se estuvo utilizando para la gestión de las residencias profesionales durante un semestre, se aplicó una encuesta para

recoger la retroalimentación de los clientes acerca de su funcionalidad, seguridad, controles, diseño entre otros aspectos, que fueron agregados al software en su versión 2.0 (2021), lo que confirmó la importancia otorgada al sistema de gestión por parte de sus usuarios; Así mismo, como acción derivada de la obtención del registro ante INDAUTOR, se analizó el mercado potencial para comercializar la invención tecnológica: se realizó la identificación de los asociados de carácter económico tanto al interior como externos al ITSL y los principales consumidores del SIGEPRORE: los campus federales y descentralizados del Tecnológico Nacional de México. (Rodríguez, Arzola, Moreno y Flores, 2022). Para validar la propuesta de valor y la estrategia comercial a seguir, se establecieron contactos con los tecnológicos cercanos al área geográfica del instituto quienes confirmaron la necesidad de gestionar mediante un software sus procesos de residencia profesional. Gracias a estas comunicaciones, se ha realizado la segmentación de clientes y definido una hipótesis primaria de emprendimiento mediante el modelo Push & Pull y una estrategia de comercialización basada en el Software como servicio (SaaS) (Rodríguez, Arzola, Moreno y Flores, 2022).

El proyecto tecnológico se evalúa en el CRL 4; múltiples usuarios y consumidores confirman la necesidad e importancia de la innovación, el conocimiento detallado del cliente se ha incrementado y los supuestos de comercialización del producto están definidos, con base en la retroalimentación de usuarios y clientes potenciales del sistema. Las acciones específicas que se deben realizar para escalar el proyecto al siguiente nivel CRL (5) en un corto plazo (3 meses) son: establecer los contactos con los posibles socios, clientes y usuarios en un modelo B2B (campus del Tecnológico Nacional de México y otras instituciones de educación superior “IES”) para proveer actualizaciones o mejoras al proyecto; lograr un entendimiento más profundo del mercado y fortalecer relaciones con clientes potenciales, usuarios o socios objetivo, intercambiando información sobre requisitos y prototipos iniciales, que resulten en una hipótesis de producto actualizada.

3.2 Evaluación en la escala TRL.

El software de gestión de residencias profesionales se construyó mediante un modelo de diseño ágil en 2019 y se implementó en el 2020 como un sistema web en un servidor de aplicaciones institucionales lo que permitió realizar pruebas de ejecución en un entorno real y permitió ubicar la madurez de la tecnología en el nivel 6.

Una tecnología TRL 6 tiene un prototipo completamente funcional o un modelo representativo. Las actividades TRL alcanzadas mediante la implementación de la plataforma web son: integración de tecnologías alineadas al producto, usuarios potenciales para las pruebas de la versión final y pruebas del producto a baja escala; limitadas al campus del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo.

El nivel TRL7 requiere que el modelo de trabajo o prototipo se demuestre en un entorno espacial, por lo que las actividades a realizar para conducir el proyecto al siguiente nivel (TRL7) en un corto plazo son: el diseño de la estructura organizacional adecuada para la implementación y la definición de un proceso de manufactura operacional que permita la producción comercial en baja escala, para un número limitado de campus del TecNM,



y tener la organización operativa focalizada en mercadotecnia, logística y distribución.

En el nivel TRL 8 refiere que se tiene un producto comercializable cuya versión final se ha probado, cumple con los estándares de la industria y que los documentos para usarlo y mantenerlo (manual del usuario, soporte técnico) están disponibles. En el TRL 8, el sistema web estará listo para implementarse en el sistema tecnológico ya existente. Cuando el producto tecnológico sea demandado para su implementación en los campus del TecNM y los cambios de funcionalidad y calidad se optimicen con innovaciones incrementales sostenidas e implementadas exitosamente, se llamará TRL 9.

3.3 Evaluación en la escala BRL.

El equipo de desarrollo logró describir el primer posible concepto de negocio de una manera estructurada, que se plasmó en la One Pager de la propuesta, representando la información relevante del negocio: problema, solución, tamaño de mercado, modelo de negocio, entre otros (Rodríguez, Arzola, Moreno y Flores, 2022).

El análisis de la escala BRL ha permitido identificar el mercado actual: la comunidad académica del ITSL y como mercado para una expansión en el corto plazo a tres campus en la misma región geográfica; el mercado total disponible (TAM) es la totalidad de campus del TecNM: 126 campus federales y 122 descentralizados. Se ha identificado el modelo de negocio SaaS como viable para la comercialización y se ha identificado a posibles competidores, siendo éstas las empresas tecnológicas que crean soluciones de software a la medida en el mismo ITSL y en la mayoría de los campus del TecNM. Se ha logrado el primer borrador del modelo de negocio con las evaluaciones cualitativa y cuantitativa de la viabilidad comercial del proyecto de innovación.

Con los resultados descritos, el proyecto se evalúa en el nivel BRL 2; las acciones específicas a realizar en un corto plazo, para subir al nivel BRL 3 son: tener una visión completa de la competencia, con los competidores directos, los indirectos y las alternativas; lograr una descripción del mercado más detallada, con aplicaciones identificadas y segmentos de mercado más específicos; realizar nuevamente un lienzo del modelo de negocio con la información completa y actualización de los costos directos e indirectos, con miras a generar interés en los clientes e inversores.

3.4 Evaluación en la escala IPRL.

A raíz de la puesta en marcha del software de gestión de residencias profesionales en el 2020, los autores se dieron a la tarea de explorar exhaustivamente el estado del arte mediante análisis de publicaciones y de soluciones de vanguardia acordes al software desarrollado, para lo que se realizaron búsquedas en diferentes fuentes y se decidió recurrir al apoyo de profesionales de una firma legal, quienes confirmaron en la base de datos del Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR) que se trataba de una innovación no registrada previamente y con posibilidad de obtención de protección intelectual, asimismo, se analizaron formas alternativas de protección y la Dirección del instituto confirmó la relevancia de proteger la propiedad intelectual del software, por lo que se presentó la solicitud de registro ante el INDAUTOR en la Ciudad de México. En el 2021 el Sistema Web para la Gestión del Procedimiento de Residencia obtuvo su inscripción ante el Registro Público del Derecho de

Autor, en la rama programas de computación. El Instituto Tecnológico Superior de Lerdo (ITSL) es el titular de los derechos y se otorga el reconocimiento a los autores de la obra. Cabe mencionar que, desde el año 2020, el software se ha utilizado en el ITSL para la gestión del procedimiento de residencias profesionales. Por lo anteriormente descrito y con base en la escala de evaluación para IPRL, el nivel actual de la innovación es el 4 y las actividades a realizar para conducir el proyecto al IPRL5 al corto plazo son: el diseño y la ejecución de una estrategia para utilizar la propiedad intelectual en el Tecnológico Nacional de México; realizar un análisis profesional de adicionales y diferentes formas de propiedad intelectual que podrían ser utilizadas y describir estrategias para agregar valor al negocio y mejorar el valor de posibles solicitudes de protección adicional, como datos de respaldo, nuevos detalles adicionales, entre otros que se deberán definir.

3.5 Evaluación en la escala TMRL

El sistema (SIGEPRORE) en sus versiones 1.0 y 2.0 fue desarrollado bajo la responsabilidad de un equipo menor a 10 personas, en el cual se priorizó la interacción entre los miembros; ante cualquier problema reportado, todos los integrantes del equipo aportaban a la solución y uno o dos desarrolladores se encargaban de su implementación, sin afectar el proceso de desarrollo. (Rodríguez, Moreno, Arzola y Flores, 2021).

En el equipo de trabajo se distinguen los siguientes roles: creadores de la innovación; líder de equipo de desarrollo (Scrum Master) quien está a cargo de la ejecución de la metodología Scrum y de enfocar a los miembros del equipo en las prácticas y principios de ésta; los desarrolladores (Developers Scrum) que son los analistas, programadores, diseñadores, etc. que aportan en la construcción y desarrollo del producto y el director de tecnología (CTO Chief Technology Officer), que es la persona responsable de la Subdirección de Posgrado e Investigación del ITSL.

Por lo anterior, se considera que el TMRL está en un nivel 3, puesto que si bien varias de las competencias técnicas y recursos necesarios están presentes, no todos los integrantes del equipo las poseen en su totalidad; sin embargo, las destrezas y recursos existentes y necesarios han sido definidos y se han identificado las brechas a solucionar, entre las que se incluyen: una capacitación formal para los desarrolladores en las prácticas de la metodología de desarrollo; fortalecimiento de las habilidades del equipo en los marcos de trabajo PSP (Personal Software Process) y TSP (Team Software Process), para lo cual ya se ha establecido un plan de equipo inicial para lo que es necesario a corto plazo (menos de un año) y cómo adquirir las competencias prioritizadas.

Las acciones para lograr en un corto plazo el TMRL4 son: poner en marcha actividades para asegurar recursos clave, por ejemplo, mediante la participación en asociaciones; afinar los roles y responsabilidades de los integrantes y su compromiso a futuro con el proyecto; reclutar personas con las habilidades necesarias definidas.

3.6 Evaluación en la escala FRL

El SIGEPRORE obtuvo su registro ante el Tecnológico Nacional de México como proyecto de innovación tecnológica en 2021, por lo que se obtuvo un financiamiento del TecNM para el desarrollo de la versión 2.0, que esencialmente se destinó a insumos, accesorios de equipo de cómputo, alojamiento en la

nube para pruebas y el pago del registro de la propiedad intelectual ante INDAUTOR. Desde entonces no se han conseguido otros fondos, por lo que entre los principales desafíos para la comercialización está el conseguir socios inversores para la implementación del proyecto y el licenciamiento comercial. La evaluación del proyecto en la escala FRL es el nivel 2, debido a las siguientes consideraciones: la idea del negocio se ha descrito suficientemente; el equipo ha definido un plan básico con opciones de financiación para los objetivos iniciales en el corto plazo (de 3 a 6 meses), que incluye el registro de la marca y la obtención de financiamiento; los socios potenciales son los planteles del Tecnológico Nacional de la misma región, a quienes se les ofertará en primera instancia una prueba piloto sin costo, por un lapso específico. La proyección a largo plazo es la distribución y licenciamiento por uso en todos los campus del TecNM.

A continuación, se presentan los productos generados durante el proceso de revisión del proyecto de innovación tecnológica, que sirven de consideraciones para la evaluación con el marco KTH Innovation Readiness Level™

En la figura 1 se muestra la One-Pager del proyecto de innovación, incluye la propuesta de valor: automatización del proceso de residencia profesional del TecNM, el software está en producción cumpliendo con altos niveles de calidad, evidenciando reducción de tiempos en las actividades del proceso y rapidez en la atención al cliente y se ha identificado el modelo de negocio de Software como Servicio (SaaS). Se está en el proceso de mapear las necesidades de financiación iniciales para los pasos clave iniciales, los hitos y la relación costos/presupuesto.

Figura 1
 One-Pager del emprendimiento



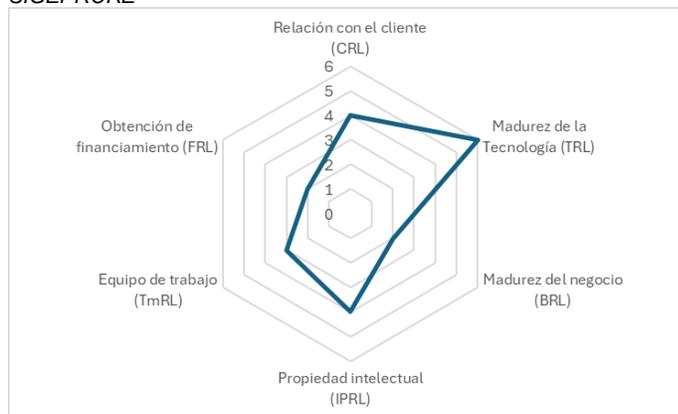
En la tabla 7 se muestran los niveles de madurez obtenidos en las seis dimensiones clave evaluadas; los argumentos considerados para la puntuación en cada área se han descrito suficientemente en la parte técnica de este artículo.

Tabla 7
 Niveles de madurez del SIGEPRORE, en el marco de evaluación de KTH Innovation Readiness Level™

Dimensión evaluada	Nivel alcanzado
Relación con el cliente (CRL)	4
Madurez de la Tecnología (TRL)	6
Madurez del negocio (BRL)	2
Propiedad intelectual (IPRL)	4
Equipo de trabajo (TMRL)	3
Obtención de financiamiento (FRL)	2

En la figura 2 se presenta gráficamente la evaluación obtenida en cada una de las seis áreas clave, para su mejor apreciación. Se observa claramente que el mayor nivel de madurez del producto es en la tecnología (TRL) seguido de la propiedad intelectual y la relación con los clientes. Las áreas de oportunidad que deben ser atendidas en el corto plazo son el nivel de preparación del negocio, la obtención de fondos y el equipo de trabajo.

Figura 2
 Gráfico de red de la evaluación de los niveles de madurez del SIGEPRORE



En la figura 3 se muestra la hoja de ruta que se elaboró para el progreso de la innovación tecnológica, incluye las acciones clave orientadoras que se lograron identificar con la aplicación de la evaluación KTH Innovation Readiness Level™. Esta hoja de ruta fue realizada con el software de gestión de proyectos de uso libre en línea GanttPro®

En la figura 4 se visualiza el complemento de la hoja de ruta, con el cronograma asociado a cada una de las tareas y sus hitos. Las tareas están planeadas en un lapso de ocho meses del presente año (2024) y su cumplimiento permitirá escalar al siguiente nivel de madurez en cada una de las seis áreas clave de la innovación tecnológica detalladas en este artículo.

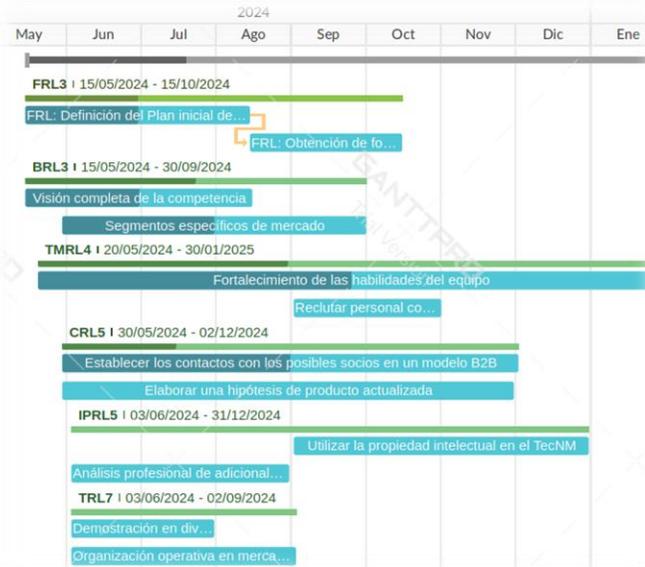


Figura 3
Hoja de ruta para escalar en los niveles de madurez de KTH

Itslerdo | HOJA DE RUTA KTH

Nombre de tarea	Estado
<ul style="list-style-type: none"> ☐ FRL3 <ul style="list-style-type: none"> FRL: Definición del Plan inicial de Verificación ● En progreso FRL: Obtención de fondos "blandos" (150,000 MX) ● Abierto ☐ BRL3 <ul style="list-style-type: none"> Visión completa de la competencia ● En progreso Segmentos específicos de mercado ● En progreso ☐ TMRL4 <ul style="list-style-type: none"> Fortalecimiento de las habilidades del equipo ● En progreso Reclutar personal con habilidades identificadas ● Abierto ☐ CRL5 <ul style="list-style-type: none"> Establecer los contactos con los posibles socios en un modelo B... ● En progreso Elaborar una hipótesis de producto actualizada ● Abierto ☐ IPRL5 <ul style="list-style-type: none"> Utilizar la propiedad intelectual en el TecNM ● Abierto Análisis profesional de adicionales formas de PI ● Abierto ☐ TRL7 <ul style="list-style-type: none"> Demostración en diversos campus del TecNM ● Abierto Organización operativa en mercadotecnia, logística y distribución. ● Abierto 	

Figura 4
Cronograma de la hoja de ruta



IV. CONCLUSIONES

El objetivo del proyecto fue someter a un proceso de evaluación de innovación tecnológica el producto de software creado para la optimización de la gestión del proceso de residencias profesionales del TecNM campus Lerdo del ITSJ; se evidencia que ese objetivo se cumplió en su totalidad y que la implementación del modelo de madurez KTH puede contribuir a

la creación de una cultura organizacional centrada en el aprendizaje continuo, la colaboración y la innovación, que impactan positivamente en un proyecto de desarrollo de software al mejorar la gestión del conocimiento.

El sistema de gestión del proceso de residencias profesionales ha experimentado una evaluación detallada utilizando el marco de KTH Innovation Readiness Level™. Esta evaluación reveló logros significativos en áreas como madurez tecnológica y relaciones con los clientes. Sin embargo, también identificó áreas de mejora, como la preparación del negocio, el equipo de trabajo y la obtención de financiamiento.

Estos hallazgos han permitido elaborar una hoja de ruta clara para el progreso futuro del proyecto de innovación, que permite al equipo de trabajo enfocarse en la comercialización y optimización del producto.

Este análisis exhaustivo destaca la importancia de seguir buscando el desarrollo sostenido y exitoso de esta innovación tecnológica, que sin duda beneficiará a la comunidad académica y a los usuarios del sistema en el TecNM, en la automatización del tratamiento de la información en el proceso de residencias profesionales.

V. AGRADECIMIENTOS

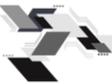
Las autoras expresan su gratitud al M.D.G.P.T. Jesús Alejandro Valdés Nieblas, responsable de la Subdirección de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, por su invaluable respaldo en este proyecto; a ambas instituciones TecNM e ITSJ por brindar los recursos necesarios para llevar a cabo la investigación; al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Durango (COCYTED) por la capacitación en emprendimiento científico; un agradecimiento especial a los estudiantes del ITSJ que han participado en este proyecto por su dedicación, entusiasmo y esfuerzo: su colaboración ha sido fundamental para alcanzar los objetivos planteados.

VI. REFERENCIAS

Arzola J.M, Castro, I., Flores, M.G., Moreno, E., Rodríguez, K.V., Valdez, J.A (16 de noviembre de 2021) Sistema Web para la Gestión del Procedimiento de Residencia. Registro Público del Derecho de Autor, México. Número de registro 03-2021-1116114529000-01

Ávila, H. M., y Ramírez, J. E. (2021). *Modelos de madurez TRL| BRL| CRL Maturity Models TRL| BRL| CRL* <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/48128/Modelos%20de%20madurez%20TRL%20BRL%20CRL.pdf?sequence=1>

Bedoya, G. M y Gómez V. L.C. (2021). Proceso: Centro de Desarrollo e Innovación Facultad de Minas. *Guía para la identificación del grado de madurez (TRL) Guía Para La Identificación del Grado de Madurez (TRL)* [Archivo PDF] https://minas.medellin.unal.edu.co/cdi/images/Procedimientos/MCDIIFMiGU001_Guia_para_la_identificacion_del_grado_de_madurez_TRL.pdf



- KTH Innovation (2024). *KTH Innovation Readiness Level™*
<https://kthinnovationreadinesslevel.com/about/>
- Manning, C.G. (2023). *Technology Readiness Levels*.
<https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/technology-readiness-levels/>
- Modesto A. C. (2022) *Niveles de Madurez Tecnológica (TRL) la Herramienta para Medir la Tecnología de un Proyecto*. [Presentación de Conferencia]
https://www.researchgate.net/publication/369663365_Niveles_de_Madurez_Tecnologica_TRL_la_Herramienta_para_Medir_la_Tecnologia_de_un_Proyecto
- Nolte, W. L. (2008). *Did I Ever Tell You about the Whale? Or Measuring Technology Maturity*. Information Age Pub.
- Rodríguez Lozano, K.V., Moreno Núñez, E., Arzola Monreal, J.M y Flores Luévanos, M.G. (2021). Development of a web management system for the internship process at the TecNM campus Lerdo. *Journal of Computational Technologies*. 5-15:1-10.
https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Tecnologias_Computacionales/vol5num15/Journal_of_Computational_Technologies_V5_N15_1.pdf DOI: 10.35429/JOCT.2021.15.5.1.10
- Rodríguez Lozano, K.V., Arzola Monreal, J.M, Moreno Núñez, E. y Flores Luévanos, M.G. (2022). Proyecto de emprendimiento con el modelo Push-Pull para el Software SIGEPRORE del Tecnológico Nacional de México, Campus Lerdo. *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*.
<http://reporcid.itslerdo.edu.mx/coninci2022/CID-056.pdf>
- Scimita Ventures (2024) *Mastering CRL vs. TRL: Choosing the Right Development Stage for Your Project's Success*.
<https://scimitaventures.com/resources/mastering-crl-vs-trl-choosing-the-right-development-stage-for-your-projects-successnbsp>

VII. AUTORES

Elda Moreno Núñez

 <https://orcid.org/0000-0002-5912-082X>

María Guadalupe Flores Luévanos

 <https://orcid.org/0000-0003-2613-1431>

Karla Verónica Rodríguez Lozano

 <https://orcid.org/0000-0003-2832-4165>